



Diagnóstico de Descarbonização, Infraestrutura e aplicações do Hidrogênio nos Portos

Sumário Executivo



República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva
Presidente da República

Silvio Costa Filho
Ministro dos Portos e Aeroportos

Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ

Eduardo Nery Machado Filho
Diretor-Geral

Flávia Moraes Lopes Takafashi
Diretora

Wilson Pereira de Lima Filho
Diretor

Caio César Farias Leôncio
Diretor

Alber Furtado de Vasconcelos Neto
Diretor

EXPEDIENTE

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Luiz Inácio Lula da Silva
Presidente da República

Silvio Costa Filho
Ministro dos Portos e Aeroportos

Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ

Eduardo Nery Machado Filho
Diretor-Geral

Flávia Morais Lopes Takafashi
Diretora

Wilson Pereira de Lima Filho
Diretor

Caio César Farias Leônico
Diretor

Alber Furtado de Vasconcelos Neto
Diretor

ELABORAÇÃO

WayCarbon

EQUIPE TÉCNICA – WayCarbon

Melina Amoni
Julia Rymer
Luisa Valentim
Sérgio Margulis
Rosangela Silva
Gregory Pitta
Luiza Oliveira
Augusto Diniz

EQUIPE TÉCNICA – MPOR

Flavia Nico Vasconcelos
Marina Cavalini Bailão

EQUIPE TÉCNICA – GIZ

Carlos Henrique Lopes Divino
Isabela Santos de Albuquerque Nunes Koletzke
Luciano José da Silva

EQUIPE TÉCNICA – ANTAQ

Secretaria Especial de Estudos e Projetos
Bruno de Oliveira Pinheiro
Ana Paula Harumi Higa

Diretoria 4 – D4

Ecinele Brenda Rodrigues Batista de Souza

Gerência de Meio Ambiente e Sustentabilidade – GMS

Uirá Cavalcante Oliveira
Alessandro Max Barros Bearzi
Felipe Pugian Jardim

CONTATOS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS – ANTAQ

SEPN Quadra 514, Conjunto “E”, Edifício ANTAQ
Brasília – DF
CEP 70760-545
T: + 55 61 2029-6500

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Sede da GIZ: Bonn e Eschborn
GIZ Agência Brasília
SCN Quadra 01 Bloco C Sala 1501
Ed. Brasília Trade Center 70.711-902 Brasília/DF
T: + 55-61-2101-2170
E: giz-brasilien@giz.de

A encargo de:

Ministério Federal de Economia e Ação Climática (BMWK) da Alemanha

“O Programa Internacional de Incentivo ao Hidrogênio (H2Uppp) do Ministério Federal de Economia e Ação Climática (BMWK) da Alemanha promove projetos e o desenvolvimento do mercado do hidrogênio verde em países emergentes e em desenvolvimento selecionados, como parte da Estratégia Nacional para o Hidrogênio.”

Diretor de Projetos:

Markus Francke
T: +55 61 2101 2080
E: markus.francke@giz.de

Brasília, dezembro de 2023

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	7
2	INTRODUÇÃO	8
3	METODOLOGIA	10
4	RESULTADOS	13
4.1	Caracterização da Amostra	13
4.2	Gestão de Emissões de GEE	13
4.3	Iniciativas de Redução de Emissões de GEE e possíveis aplicações de combustíveis renováveis, hidrogênio verde e derivados.....	16
4.4	Desafios da Transição para uma Economia de Baixo Carbono	19
4.4.1	Perspectivas Futuras do Setor e parceiros-chave	21
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	24
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Metodologia de classificação dos atores.	11
Tabela 2. Seções do questionário.	12
Tabela 3. Análise de Engajamento – Número de atores e Movimentação Portuária.	13
Tabela 4. Iniciativas de destaque dos portos públicos e terminais na cadeia de valor do hidrogênio de baixo carbono.....	22
Tabela 5. Atores-chave para a descarbonização identificados pelos participantes do diagnóstico.	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas do desenvolvimento do Estudo de Diagnóstico de Descarbonização, Infraestrutura e aplicações do Hidrogênio nos Portos.	10
Figura 2. Mapa de atores do diagnóstico.	11
Figura 3. Inventário de Emissões GEE por categoria de instalação.	14
Figura 4. Reporte e verificação do Inventário de Emissões de GEE.	15
Figura 5. Iniciativas de Redução de Emissões de GEE.....	18
Figura 6. Combustível atualmente mais usado pelas embarcações.	19
Figura 7. Vocação da instalação portuária em relação à cadeia de valor do hidrogênio de baixo carbono.	22

LISTA DE ACRÔNIMOS E SIGLAS

ANP – Agência Nacional de Petróleo
ANTAQ – Agência Nacional de Transportes Aquaviários
CDP – *Carbon Disclosure Project*
CII – *Carbon Intensity Indicator* (Índice de Intensidade de Carbono)
CNPE - Conselho Nacional de Política Energética
EPA – *Environmental Protection Agency* (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos)
ESI – *Environmental Ship Index*
ETC – Estação de Transbordo de Carga
GEE – Gases de Efeito Estufa
GNL – Gás Natural Liquefeito
GRI – *Global Report Initiative*
IAPH - *International Association of Ports and Harbors*
IDA – Índice de Desempenho Ambiental
IMO – *International Maritime Organization* (Organização Marítima Internacional)
MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações
MMA – Ministério de Meio Ambiente e Mudança do Clima
MPOR – Ministério dos Portos
OPS – *On-shore Power Supply*
PNH2 - Programa Nacional do Hidrogênio
SBTi – *Science Based Targets Initiative*
SIRENE – Sistema de Registro Nacional de Emissões
TA – Terminal Arrendado
TT – *Terminal Tractors*
TUP – Terminal de Uso Privado
WPSP - *World Port Sustainability Program*

1 APRESENTAÇÃO

O Programa Internacional de Incentivo ao Hidrogênio H2Uppp, financiado pelo Ministério da Economia e Ação Climática (BMWK) da Alemanha e implementado pela Cooperação Brasil-Alemanha para o Desenvolvimento Sustentável por meio da *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH*, tem o objetivo de identificar, preparar e acompanhar a implementação de projetos para a produção e uso de aplicações de hidrogênio verde e derivados, bem como aumentar a conscientização e transferir conhecimentos para o desenvolvimento de projetos. Considerando a importância do setor portuário como um ator estratégico na implementação da cadeia de valor do hidrogênio verde, o programa H2Uppp promoveu o projeto Diagnóstico de Descarbonização, Infraestrutura e aplicações do Hidrogênio nos Portos.

O projeto é realizado no âmbito de um Acordo de Cooperação Técnica (ACT) entre a GIZ e a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), que já possui atuação consolidada na promoção sustentabilidade dos portos e terminais brasileiros, através de iniciativas como o Índice de Desempenho Ambiental (IDA) e as agendas ambientais portuárias, locais e institucionais. O presente estudo foi estruturado em três eixos analíticos: Eixo 1 - Revisão da Experiência Internacional; Eixo 2 - Diagnóstico de Descarbonização, Infraestrutura e aplicações do Hidrogênio nos Portos; e Eixo 3 - Estudo de Caso. O Eixo 1 foi elaborado pela ANTAQ e consistiu no mapeamento das principais medidas regulatórias adotadas pela Organização Marítima Internacional (IMO) e por outros países para redução das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) no transporte marítimo, além de uma contextualização das medidas para a descarbonização do transporte realizado por embarcações e da operação dos portos.

A WayCarbon foi contratada pela Cooperação Brasil-Alemanha - GIZ para elaboração Eixo 2 do projeto, referente ao Diagnóstico de Descarbonização, Infraestrutura e aplicações do Hidrogênio nos Portos. Seus objetivos são avaliar a preparação das infraestruturas portuárias para receber embarcações que utilizam combustíveis zero carbono, mapear iniciativas de redução de emissões nos portos, identificar o potencial do hidrogênio verde para a exportação e descarbonização dos portos e, a partir desse diagnóstico, divulgar guia de recomendações sobre o assunto. O diagnóstico foi realizado em cooperação com a Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ e o Ministério dos Portos e Aeroportos - MPOR. Este documento apresenta o Sumário Executivo do Eixo 2, que compila os pontos mais importantes da contextualização, metodologia, resultados, conclusões e recomendações do diagnóstico, realizado com base em aplicação de questionário e reuniões consultivas com representantes de portos públicos e terminais. Adicionalmente, o Eixo 2 abrange o Relatório Final do Diagnóstico em sua versão completa e o Guia de Recomendações.

O Eixo 3 será conduzido pela ANTAQ e consistirá na realização de um estudo de caso a partir de levantamento de campo e entrevistas semiestruturadas. Espera-se que o conjunto dos três eixos trace um panorama abrangente da situação atual e das perspectivas futuras para a descarbonização do setor portuário, contribuindo para que os portos e terminais brasileiros se antecipem tanto a possíveis regulações e pressões mais restritivas como às oportunidades associadas, e se posicionem como protagonistas da transição para uma economia de baixo carbono.

2 INTRODUÇÃO

O transporte marítimo desempenha uma função primordial na economia global, sendo responsável por mais de 80% do volume de cargas transportado no comércio internacional, percentual que é ainda maior em países em desenvolvimento (UNCTAD, 2021). As emissões de GEE dessa atividade representam 3% dos valores globais e aumentaram 20% na última década, sendo que a tendência é de que o crescimento continue nos próximos anos. A frota do transporte marítimo mundial ainda opera quase exclusivamente com combustíveis fósseis, mas 21% das embarcações em produção utilizarão alternativas como gás natural liquefeito (GNL), metanol e tecnologias híbridas. Atingir as metas de redução de emissões de GEE propostas para 2050 exigirá investimentos significativos em combustíveis mais limpos e tecnologias para melhorar a eficiência, mas ainda se discute sobre os melhores métodos para efetivar a descarbonização. Ao mesmo tempo, dada a vulnerabilidade do setor aos impactos da mudança do clima, o custo de não agir pode superar esses investimentos (UNCTAD, 2023).

A Organização Marítima Internacional (IMO) vem adotando medidas que visam reduzir as emissões do transporte marítimo internacional. Em 2018, foi publicada a resolução MEPC.304(72), referente à Estratégia Inicial da IMO para Redução das Emissões de GEE por Navios, que foi atualizada em 2023 pela MEPC.377(80). Desta forma, foram definidos objetivos, princípios norteadores e instrumentos para orientar os países na descarbonização do transporte marítimo (IMO, 2023). Além disso, foram estipuladas metas objetivas de descarbonização:

- Reduzir a intensidade de carbono do transporte marítimo internacional, em termos médios, em pelo menos 40% até 2030, em comparação com 2008;
- Reduzir as emissões totais de carbono do transporte marítimo internacional, em pelo menos 20%, buscando 30%, até 2030, em comparação com 2008;
- Reduzir as emissões totais de carbono do transporte marítimo internacional, em pelo menos 70%, buscando 80%, até 2040, em comparação com 2008;
- Atingir o pico de emissões o mais rápido possível e alcançar emissões líquidas zero próximo a 2050, sem deixar de considerar as diferentes circunstâncias de cada país.

Em 2021, a IMO aprova emendas do Anexo VI da *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships* (MARPOL) que requerem que os navios reduzam suas emissões de GEE. O Anexo VI da MARPOL compreende 100 partes, representando 96,65% da navegação mercante mundial por tonelagem. Uma das medidas inclui o incentivo a navios mais eficientes em termos energéticos, classificados nas categorias A ou B no Índice de Intensidade de Carbono (CII). As autoridades portuárias e demais partes interessadas, como administradores portuários, são encorajadas a fornecer benefícios a tais classes de navios.

Além das mudanças na tecnologia dos navios, a descarbonização do transporte marítimo exigirá grandes investimentos em infraestrutura de produção, armazenamento, distribuição e abastecimento de embarcações com combustíveis alternativos. Entre as possibilidades, está o hidrogênio de baixo carbono, que abrange a tecnologia do hidrogênio verde, em que uma das rotas de obtenção pode ser através da eletrólise da água com energia elétrica gerada por fontes renováveis. Neste cenário, os portos e terminais despontam como locais estratégicos para desenvolver projetos que supram as necessidades de toda essa cadeia de valor, atuando como um facilitador da redução de emissão de sua cadeia por meio de adoção de estruturas que favoreçam o uso de combustíveis menos carbonos intensivos nas embarcações. O Brasil tem um grande potencial nesse mercado, em especial devido à grande disponibilidade de energias renováveis. Levantamento realizado em 2022 indica que já existem 30 bilhões de dólares em projetos de hidrogênio anunciados para o Brasil, sendo que o país possui potencial técnico para produzir 1,8 gigatonelada por ano. O Programa Nacional do Hidrogênio (PNH2), que teve suas diretrizes estabelecidas em 2021, mostra a busca do país pelo protagonismo e liderança na transição energética (MME e EPE, 2023).

Outra frente de atuação importante para os portos e terminais é a adoção de medidas para mitigar as emissões da sua operação, que é responsável por uma diversidade de emissões diretas e indiretas de GEE, relacionadas, por exemplo, à movimentação de cargas, atividades de apoio às embarcações e indústrias, e o consumo de energia para as atividades administrativas. Neste contexto, se apresentam oportunidades de descarbonização por meio da implementação de sistemas OPS (*On-Shore Power*

Supply), que proporcionam o fornecimento de energia elétrica em terra para embarcações atracadas, medidas de eficiência energética, eletrificação e uso de biocombustíveis em equipamentos operacionais, como empilhadeiras e TTs (*Terminal Tractors*), tecnologias inteligentes de gerenciamento da logística portuária e otimização de rotas, e a geração de energia renovável para atividades administrativas e operacionais.

Nos últimos anos, a urgência da redução de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) se mostrou mais evidente diante de tantos eventos climáticos extremos e alterações significativas na temperatura do planeta. Dentre os diversos caminhos possíveis para a redução de emissões, a transição energética é a base, pois é transversal a vários setores. Especificamente para o setor portuário, a transição energética se apresenta como desafio e oportunidade: desafio frente às inúmeras ações que precisam ser colocadas em prática no curto prazo, oportunidade mediante à posição competitiva que os portos assumem nesse contexto de mudanças. A localização dos portos os sujeita a serem altamente expostos a eventos ambientais extremos, como ventania, tempestade e aumento do nível do mar, todos resultantes do aumento da temperatura média global. Além das iniciativas de adaptação de suas infraestruturas às mudanças climática, os portos posicionam-se como elementos-chave em processos de mitigação e atingimento de metas de neutralidade global de emissões, contexto no qual se insere a transição energética.

O presente trabalho tem relevância ao situar os portos brasileiros como protagonistas no processo de transição para uma economia de baixo carbono, se antecipando a regulações e pressões mais restritivas e tornando-se mais resilientes frente a esse novo mercado. O presente trabalho tem por objetivos:

- Realizar diagnóstico quanto à atual situação das infraestruturas portuárias (*readiness*) para receber embarcações que utilizam combustíveis de baixa emissão;
- Realizar diagnóstico quanto as iniciativas de descarbonização dos portos e dos serviços portuários prestados;
- Identificar o potencial do hidrogênio de baixo carbono e seus derivados para descarbonização dos portos brasileiros;
- Divulgar o diagnóstico obtido;
- Realizar e divulgar guia de boas práticas e recomendações para a descarbonização dos portos.

Este Sumário Executivo foi elaborado considerando os aspectos mais importantes do projeto, incluindo a contextualização do setor, a metodologia adotada, a análise dos resultados e as conclusões e recomendações sobre análises regulatórias, nível de maturidade, desafios e oportunidades de novas tecnologias para o setor, com foco em hidrogênio de baixo carbono e seus derivados.

3 METODOLOGIA

O projeto de desenvolvimento do Diagnóstico de Descarbonização, Infraestrutura e aplicações do Hidrogênio nos Portos foi dividido em 3 etapas, com a entrega de 6 produtos, como apresentado na Figura 1 detalhada a seguir:

- **Etapa 1 – Plano de Trabalho:** descreve os produtos e atividades associados correspondentes ao Produto 1. Plano de Trabalho.
- **Etapa 2 – Diagnóstico:** apresenta a segunda parte do projeto que inclui os passos envolvidos na realização do diagnóstico dos portos, o levantamento dos stakeholders, a elaboração de pesquisa e a realização de workshop, correspondendo aos produtos P2. Planejamento do Diagnóstico, P3. Lista de Stakeholders, P4. Aplicação da pesquisa e P5. Relatório Parcial.
- **Etapa 3 – Resultados e Recomendações:** voltada para a sistematização dos resultados do projeto e elaboração de recomendações, correspondendo ao Produto 6. Relatório Final, Sumário Executivo e Guia de Recomendações.

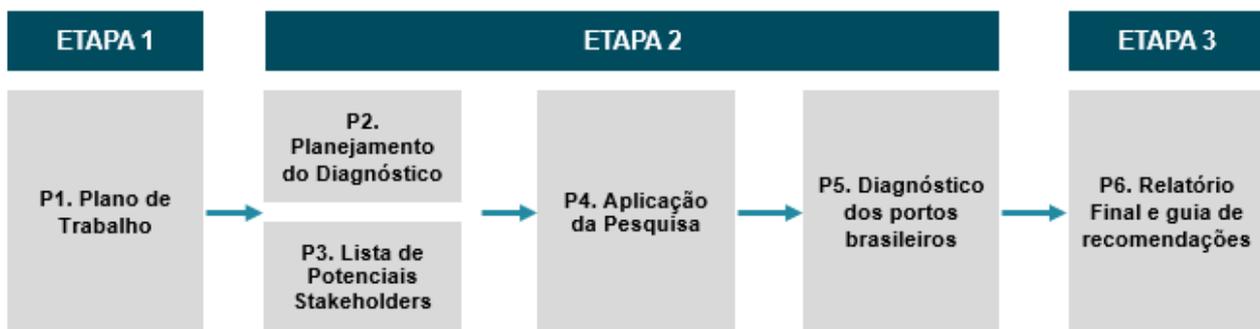


Figura 1. Etapas do desenvolvimento do Estudo de Diagnóstico de Descarbonização, Infraestrutura e aplicações do Hidrogênio nos Portos.

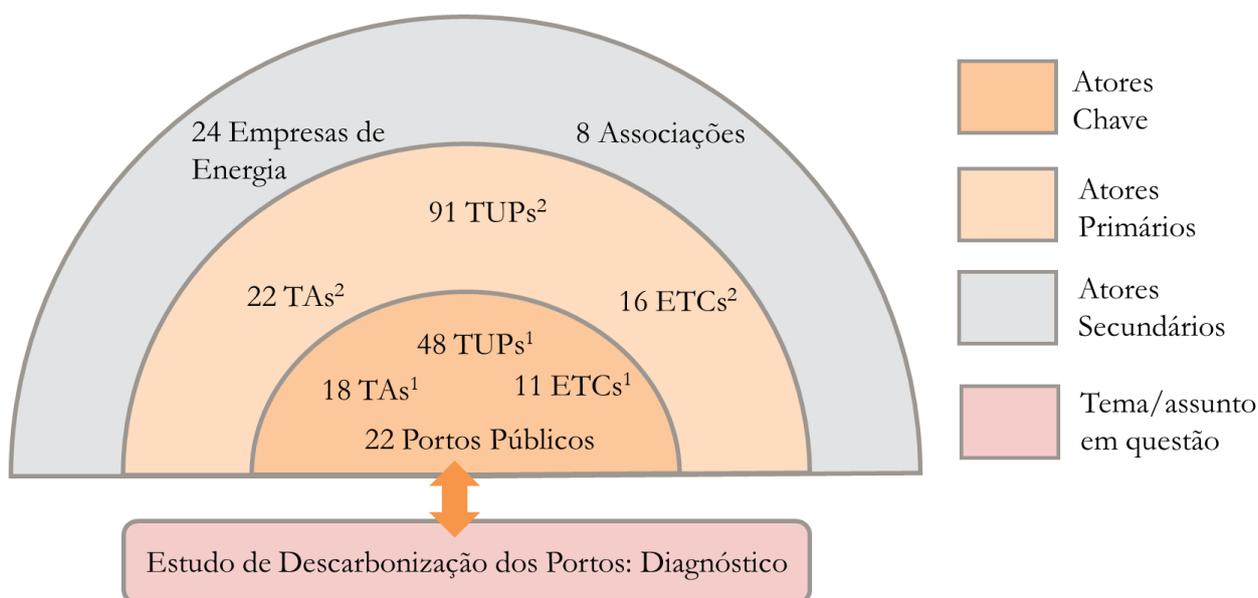
Fonte: Elaboração WayCarbon, GIZ, ANTAQ, MPOR (2023).

O **Mapeamento de Stakeholders** envolveu a definição de público-alvo da pesquisa, composto por: portos públicos, terminais de uso privado (TUPs), terminais arrendados e estações de transbordo de carga (ETCs), que passaram por um processo de priorização baseado em critérios de movimentação de carga e representatividade geográfica. Adicionalmente, foi realizado um levantamento de associações do setor portuário e empresas que já firmaram parcerias de investimento ou possuem projetos em andamento relacionados à tecnologia de hidrogênio verde e de derivados no Brasil, com foco nas instalações portuárias. A Figura 2 apresenta o mapeamento de atores do diagnóstico, elaborado de acordo com o método denominado *Capacity WORKS* (GIZ, 2015), e a Tabela 1 explica os critérios para classificações dos atores.

Tabela 1. Metodologia de classificação dos atores.

Classificação	Critérios
Atores Chave	Atores relevantes mapeados para garantir a representatividade do diagnóstico e priorização para participação de forma presencial no Workshop de Engajamento e Nivelamento. Foram realizados contatos com os atores prioritários visando atingir maior envolvimento.
Atores Primários	Atores com menor relevância para o estudo, mas incluídos na pesquisa do diagnóstico. Foram convidados para participação online no Workshop de Engajamento e Nivelamento.
Atores Secundários	Atores relevantes para o tema, que foram convidados para participação presencial no Workshop de Engajamento e Nivelamento, mas não fazem parte do público-alvo definido para o formulário preparado para o diagnóstico.

Fonte: Elaboração WayCarbon, GIZ, ANTAQ, MPOR (2023).



1. Terminais de Uso Privado (TUPs), Estações de Transbordo de Cargas (ETCs) e Terminais Arrendados (TAs) **considerados prioritários** para o estudo por critérios de movimentação de cargas e representatividade geográfica.

2. Terminais de Uso Privado (TUPs), Estações de Transbordo de Cargas (ETCs) e Terminais Arrendados (TAs) **considerados não prioritários** para o estudo por critérios de movimentação de cargas e representatividade geográfica.

Figura 2. Mapa de atores do diagnóstico.

Fonte: Elaboração WayCarbon, GIZ, ANTAQ, MPOR (2023).

Em 18/09/2023, foi realizado um **Workshop de Nivelamento e Engajamento**, com o intuito de nivelar o conhecimento sobre o projeto, como objetivos do trabalho, desafios de descarbonização do setor, atividades do diagnóstico, expectativas de resultados e orientar os pontos-focais responsáveis pelo preenchimento dos questionários e entrevistas. O evento ocorreu no formato híbrido para engajar os diferentes públicos no projeto, alcançando a participação de 43 convidados no formato presencial e 45 no formato virtual.

Na etapa de **Planejamento do Diagnóstico**, foi elaborado o questionário para coleta de informações quantitativas e qualitativas por meio de formulário eletrônico. As perguntas foram embasadas por um estudo prévio de oportunidades de

descarbonização do setor, potencial do hidrogênio verde e outros combustíveis renováveis, e maturidade do setor frente às adaptações necessárias. O questionário foi dividido em 4 seções, apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Seções do questionário.

Seção	Objetivo
Informações Gerais	Dados sobre a identificação da instalação portuária e do responsável pelo preenchimento das informações, além do termo de consentimento para a utilização dos dados pessoais.
Informações Gerais da Instalação Portuária	Características gerais da instalação portuária, como tipo de mercadoria mais movimentado, estrutura fornecida para embarcações, duração da atracação, tipo de combustível mais usado, etc., com o objetivo de qualificar a amostra da pesquisa.
Gestão de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE)	O primeiro passo para adentrar a agenda da transição para uma economia de baixo carbono é possuir um diagnóstico consistente das emissões de GEE. Sendo assim, essa primeira seção se dedica a identificar a elaboração de um inventário de emissões e detalhar o seu nível de aprofundamento e publicização, descrever as metas de redução de emissões e realização de reportes públicos.
Iniciativas de redução de emissões, estrutura portuária, oportunidades e desafios	Diagnosticar as iniciativas de descarbonização dos portos e serviços portuários, tendo um foco nas iniciativas que reduzem as emissões de GEE, mas também possíveis aplicações de combustíveis, hidrogênio e derivados, a preparação das infraestruturas portuárias para receber embarcações que utilizam combustíveis de baixa emissão, as oportunidades e desafios relacionados à transição energética, com foco na tecnologia de hidrogênio verde.

Fonte: Elaboração WayCarbon, GIZ, ANTAQ, MPOR (2023).

A **Aplicação da Pesquisa** se deu por meio da plataforma eletrônica *SurveyMonkey* e teve um prazo de preenchimento total de 22 dias. Durante esse período, foi realizado um acompanhamento sistemático para garantir o maior número de respondentes e a completude das respostas. Com a obtenção de 93 respostas, foi alcançado um engajamento significativo, que é analisado em mais detalhes na seção 4.1 Caracterização da Amostra.

Nesta etapa, também foram realizadas **Reuniões Consultivas** com os atores mapeados, com foco nos cinco pontos chave definidos para a elaboração do diagnóstico:

- i) a maturidade do setor frente à transição energética e transição a uma economia de baixo carbono;
- ii) melhores práticas de descarbonização, tendo em vista os portos objeto da pesquisa, diretrizes de referência e literatura, dando uma oportunidade para novas tecnologias como os derivados do hidrogênio;
- iii) perspectivas futuras do setor;
- iv) oportunidades e desafios, limitadores tecnológicos, mercadológicos e regulatórios, focado no tema de transição energética;
- v) potenciais parceiros e atores-chave para viabilizar a descarbonização do setor e as aplicações de hidrogênios e seus derivados.

Para os atores que responderam ao questionário (Portos Públicos, TUPs, TAs e ETCs), as perguntas foram direcionadas a partir de um diagnóstico preliminar dos resultados, assim como das respostas específicas dos atores presentes. No caso das associações do setor portuário, a proposta foi coletar as percepções dos atores que não participaram do questionário. No total, foram realizadas 5 reuniões consultivas, com participação de 43 pessoas, sem contabilizar os membros das equipes da GIZ, ANTAQ e WayCarbon.

4 RESULTADOS

Os resultados apresentados a seguir foram baseados em análise quantitativa e qualitativa das respostas ao formulário recebidas. Foram produzidos gráficos com o objetivo de destacar os elementos da pesquisa mais relevantes para os objetivos propostos para o diagnóstico. Foram consideradas as respostas abertas enviadas e os comentários feitos nas reuniões consultivas. Para fins de apresentação dos resultados, os tipos de stakeholder foram agrupados nas categorias "Portos Públicos" e "Terminais (TUPs, TAs e ETCs)", sendo que esta última agrega os Terminais de Uso Privado (TUPs), Terminais Arrendados e Estações de Transbordo de Carga (ETCs).

4.1 Caracterização da Amostra

A Tabela 3 apresenta a sistematização da amostra e a análise de engajamento, comparando o número de atores respondentes com o número de atores mapeados. Foi atingido um engajamento de 87% para Portos Públicos e 31% para Terminais (TUPs, TAs e ETCs). Quando se considera como referência a soma da movimentação portuária de cada uma das instalações, esses indicadores aumentam para 88% e 70%, comprovando a representatividade da amostra obtida.

Tabela 3. Análise de Engajamento – Número de atores e Movimentação Portuária.

Categoria de Stakeholder	Número de atores			Movimentação Portuária ¹ em 2022 (t)		
	Atores Mapeados	Atores Respondentes	Percentual de engajamento	Atores Mapeados	Atores Respondentes	Percentual de engajamento
Portos Públicos	31	27	87%	421.037.122	371.541.679	88%
Terminais (TUPs, TAs e ETCs)	213	66	31%	955.412.679	672.956.176	70%
Total	244	93	38%	1.376.449.801	1.044.497.855	76%

Fonte: Elaboração WayCarbon, GIZ, ANTAQ, MPOR (2023).

4.2 Gestão de Emissões de GEE

O Inventário de Emissões de GEE é uma ferramenta de gestão que permite o mapeamento das fontes de emissão de uma atividade, processo, organização, setor econômico, cidade, estado ou até mesmo de um país, seguida da quantificação, monitoramento e registro dessas emissões, além de ser fundamental para o acompanhamento de metas e de avaliação da performance dos investimentos em equipamentos, tecnologias e processos de baixa emissão. A elaboração de inventários de GEE deve seguir padrões e metodologias internacionalmente reconhecidas para uma maior confiabilidade e comparabilidade dos resultados entre organizações. Além disso, é importante que eles sejam disponibilizados em plataformas públicas para maior transparência.

Uma das principais referências é o *GHG Protocol*, que define padrões de contabilização de emissões de GEE para o setor corporativo, cadeias de valor, cidades, entre outros. O projeto inclui diretrizes, orientações, ferramentas e treinamentos para a medição e gerenciamento de emissões por empresas e governos, constituindo-se na principal metodologia utilizada

¹ A soma da movimentação portuária dos portos públicos e terminais foi realizada apenas para fins da análise de engajamento. A movimentação portuária de um porto público, por exemplo, pode englobar a movimentação dos terminais arrendados presentes na sua área. Logo, os valores totais apresentados aqui não devem ser considerados como um indicador real da soma da movimentação portuária de todas as instalações.

mundialmente por organizações privadas e cidades (WRI, 2015). O Programa Brasileiro GHG Protocol, desenvolvido em 2008 pelo Centro de Estudos em Sustentabilidade da FGV (FGVces) e o *World Resources Institute* (WRI), em parceria com o Ministério do Meio Ambiente (MMA) e atores do setor empresarial, é responsável pela adaptação do método do *GHG Protocol* ao contexto brasileiro. Além da produção de publicações e ferramentas e a realização de treinamentos, o programa mantém o Registro Públicos de Emissões, plataforma para divulgação dos inventários corporativos de empresas privadas ou públicas, além de entidades do terceiro setor. Entre as 434 organizações que aderiram à iniciativa até 2022, dentro da categoria “Transporte, armazenagem e correio”, estão alguns atores do setor portuário, como o BTP – Brasil Terminal Portuário, Hidrovias do Brasil, Porto do Açu, Porto Itapoá, Porto Sudeste do Brasil, Portos RS, VLI e Wilson Sons (FGV EAESP, 2023).

Diante dos enormes desafios associados à descarbonização, o primeiro passo nessa jornada é a elaboração do Inventário de Emissões de GEE, uma ferramenta indispensável para entender as fontes de emissão e os fatores que influenciam a intensidade de carbono nas atividades portuárias. A Figura 3 apresenta a situação atual da realização de inventários de GEE nos portos e terminais, em que se observa uma notável diferença de perfil entre Portos Públicos e Terminais (TUPs, TAs e ETCs).

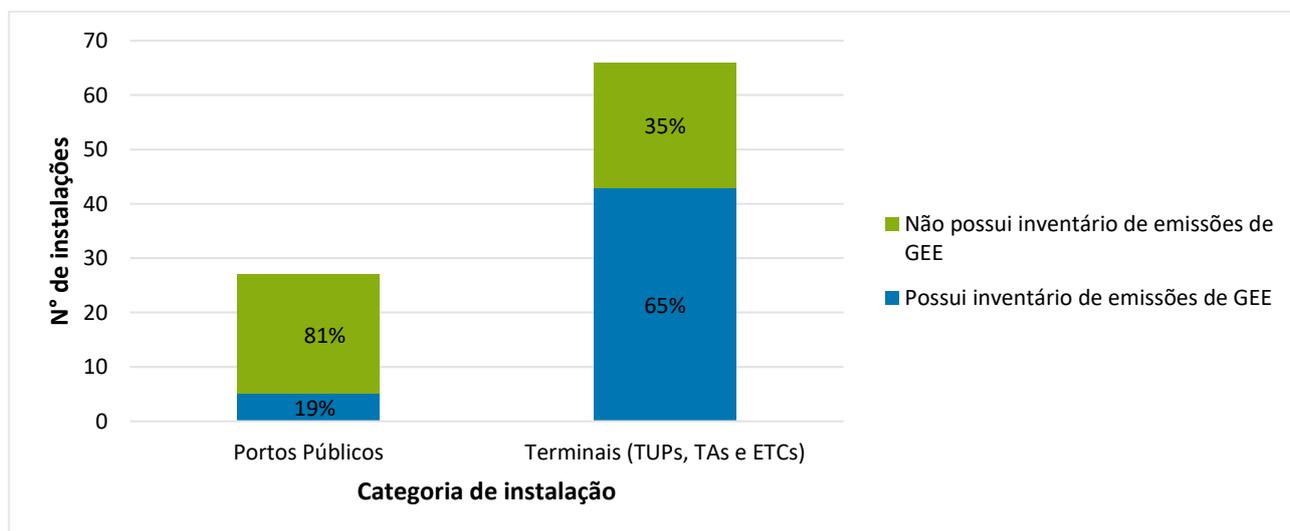


Figura 3. Inventário de Emissões GEE por categoria de instalação.

Fonte: Elaboração WayCarbon, GIZ, ANTAQ, MPOR (2023).

Entre os terminais, há um maior percentual de instalações que possuem Inventários de Emissões de GEE, o que pode ser atribuído a várias razões. Primeiramente, a realização do inventário não é uma obrigação regulatória, o que significa que a motivação para adotar essa prática varia consideravelmente. Um dos principais impulsionadores para os terminais privados é a exigência por parte do mercado e as exigências de reporte da área de sustentabilidade. Além disso, muitos terminais são administrados por grandes empresas, como a Petrobras, Transpetro, Vale e Cargill, que já realizam inventários de emissões de GEE para todas as suas operações. Consequentemente, essas empresas incluem as operações portuárias em seus relatórios, o que aumenta a transparência em relação às emissões de GEE. Outra motivação importante mencionada para a elaboração de inventários de GEE é o Índice de Desempenho Ambiental (IDA), iniciativa da ANTAQ. Instalações que buscam melhorar sua classificação no IDA frequentemente veem a realização do inventário como um meio de melhorar seu desempenho ambiental e, consequentemente, sua classificação no índice. Outras instalações citaram que o inventário veio como uma exigência do licenciamento ambiental.

A elaboração de inventários de GEE envolve vários desafios, entre eles a falta de capacitação, dificuldades na coleta de dados, equipe insuficiente e falta de recursos financeiros. A elaboração de um inventário requer conhecimentos técnicos e capacidade de coletar e analisar dados complexos relacionados às emissões de GEE, que muitas vezes não estão disponíveis. Mesmo

quando a capacitação está presente, muitas instalações não têm pessoal suficiente para conduzir efetivamente o processo de inventário, que, por não ser uma exigência regulatória para a maioria das organizações, não é considerado uma iniciativa prioritária. Além disso, a realização de um inventário de GEE pode envolver custos significativos, desde a coleta de dados até a análise e relatórios, e muitas instalações podem enfrentar restrições financeiras que dificultam a alocação de recursos para esse fim.

De acordo com o *GHG Protocol*, o inventário de emissões de GEE deve seguir cinco princípios: relevância, abrangência, consistência, transparência e exatidão (WRI, 2015). Geralmente, o primeiro inventário é mais sucinto em relação às fontes de emissão consideradas. Entretanto, à medida que as organizações avançam nessa trajetória, tais inventários se tornam mais completos, incorporando técnicas e aprimorando sua metodologia para aumentar a precisão das medições. Os inventários de emissões de GEE compreendem três escopos distintos: 1 – emissões diretas (sob controle da organização); 2 - emissões da energia elétrica adquirida; 3 – emissões indiretas (fora do controle direto da organização).

Entre os terminais, 56% consideram os Escopos 1 e 2, enquanto 44% já levam em conta os Escopos 1, 2 e 3. Boa parte desses terminais é administrado por grandes empresas que já elaboram o inventário há mais tempo e sofrem maior pressão do mercado pela sua completude. Por outro lado, no caso dos portos públicos, apenas cinco deles afirmaram realizar inventários: Porto de São Sebastião, Porto de Fortaleza, Porto de Santos, Porto de Suape, Porto do Itaqui, sendo que apenas os três últimos consideram todos os três escopos, o que demonstra uma dificuldade maior dos portos públicos em avançar nesse ponto. Mesmo entre as instalações que realizam o inventário com o Escopo 3, existe uma diferença entre as categorias consideradas. Há uma dificuldade maior para calcular, por exemplo, categorias que envolvam a articulação com fornecedores e clientes para a obtenção de informações, como Bens e Serviços comprados e Transporte e distribuição (*upstream*).

Outro ponto importante que diferencia os inventários de emissões de GEE é o nível de transparência e confiabilidade dos dados, analisado no gráfico da Figura 4. Nota-se um maior avanço dos terminais nesse sentido, já que 65% dos que realizam o inventário, o têm publicado e auditado por terceira parte. Isso pode ser explicado pela maior pressão do mercado e a necessidade de atendimento a exigências de transparência de informações associadas aos reportes feitos pelas companhias. De toda forma, chama atenção o fato de que 28% possuem inventário, mas não o tornaram disponível publicamente. No caso dos portos públicos, apenas duas instalações divulgam seus inventários: Porto de Itaqui e Porto de Santos.

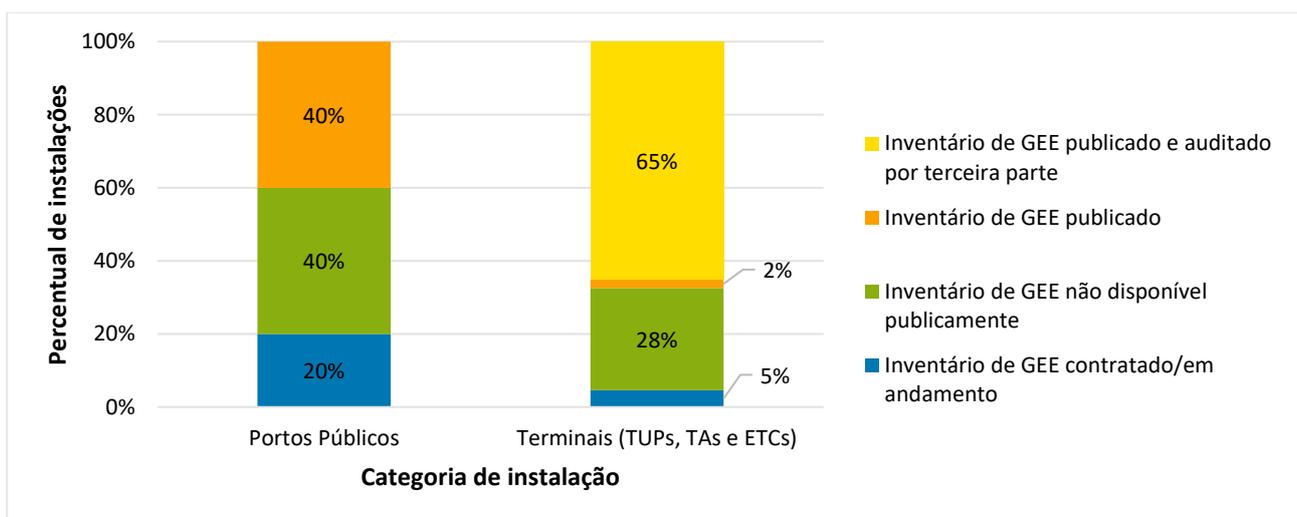


Figura 4. Reporte e verificação do Inventário de Emissões de GEE.

Fonte: Elaboração WayCarbon, GIZ, ANTAQ, MPOR (2023).

Uma das funções primordiais de um inventário de emissões de GEE é fornecer as bases necessárias para a formulação de metas de redução de emissões, que por sua vez, orientam a priorização e detalhamento das iniciativas a serem tomadas. Apenas 26% dos terminais afirmaram possuir metas de redução de emissões de GEE. Porém, cabe observar que, dentre os 74% que indicaram a sua ausência, houve 10 casos de instalações que alegaram ter metas a nível corporativo, mas que ainda não foram transpostas para o seu contexto local. Isso evidencia a necessidade de alinhar as metas globais e nacionais com as ações diretas nas operações portuárias. A situação é ainda mais sensível na categoria dos portos públicos, em que apenas 7% dos respondentes afirmaram possuir meta, o que corresponde a apenas duas instalações: Porto de SUAPE e Porto de Natal. Um dos principais motivos é a ausência de inventário de emissões de GEE. Algumas instalações estão no processo inicial de elaboração desses inventários, com a intenção de, posteriormente, estabelecer metas concretas e construir planos de descarbonização eficazes.

A comunicação para o mercado e a sociedade como um todo do diagnóstico e das metas de redução de emissões de GEE deve ser feita por meio de reportes públicos, que seguem diferentes padrões. A partir dos resultados do diagnóstico, identificou-se que 24% não realizam nenhum tipo de reporte público. Entre as instalações que o fazem, o Relatório de Sustentabilidade, padronizado pela *Global Reporting Initiative* (GRI), é o mais comum, estando presente nas práticas de 49% dos respondentes. Em seguida, está o *GHG Protocol* (35%), que estabelece padrões e diretrizes para contabilização e relato das emissões de GEE, e a Agenda Ambiental Institucional (24%), instrumento de planejamento e gestão da sustentabilidade dos portos que faz parte dos critérios de pontuação do IDA – Índice de Desenvolvimento Ambiental. Por fim, 25% das instalações relatam no CDP (*Carbon Disclosure Project*), sistema global de divulgação de informações, e 11% atendem aos requisitos de reporte do ISE B3, o Índice de Sustentabilidade Empresarial da Bolsa de Valores. Na categoria “Outros”, foi citado principalmente o Relato Integrado, outra abordagem de relatórios corporativos.

4.3 Iniciativas de Redução de Emissões de GEE e possíveis aplicações de combustíveis renováveis, hidrogênio verde e derivados.

A descarbonização das instalações portuárias precisa de uma abordagem integrada que envolve iniciativas em diversas dimensões, como eletrificação de equipamentos portuários, geração e uso de energias renováveis, adoção de medidas voltadas para eficiência energética, utilização de sistemas inteligentes, incentivo ao uso de combustíveis alternativos, como o hidrogênio e seus derivados, implementação de estruturas para fornecimento de energia ou combustíveis renováveis às embarcações, entre outros. Para diagnosticar a efetivação dessas medidas, os respondentes foram convidados a classificar 15 tipos de iniciativas de acordo com o seu estágio de implementação, considerando a seguinte escala:

Estágios de implementação

N6 - Implementada

N5 – Em implementação

N4 – Projeto-piloto

N3 – Acordo ou memorando de entendimento assinado

N2 – Planejada (incluída no planejamento estratégico ou algum plano de ação da instalação)

N1 – Não implementada

N0 - Não aplicável ao tipo de operação

A Figura 5 apresenta os resultados desse levantamento, sendo que as iniciativas estão ordenadas segundo o maior percentual de respostas classificadas como “N6 – Implementada”. As iniciativas que mais se destacam pelo estágio de implementação mais avançado são os sistemas inteligentes de gerenciamento da logística portuária, o fornecimento de combustíveis menos poluentes, o planejamento e implementação de medidas de eficiência energética e a geração de energia renovável para atividades operacionais e administrativas.

Chama atenção o Sistema OPS (*On-Shore Power Supply*), tecnologia de fornecimento de energia elétrica em terra para os navios atracados, em substituição à utilização de motores movidos a combustíveis fósseis, que possui alto potencial de redução de

emissões de GEE e já é um dos critérios avaliados no IDA. Apenas 1 (uma) instalação declarou estar em fase de projeto piloto: o Terminal de Petróleo TPET/ TOil – Açú, cujo sistema inicial já atende rebocadores e embarcações de apoio para atuação em emergências, com planejamento de expandir para navios-tanque de posicionamento dinâmico (DPSTs) e navios petroleiros de grande porte (VLCCs). Nenhuma instalação possui o sistema completamente implementado e 15% das instalações estão em fase de planejamento, a exemplo da autoridade portuária Portos RS, que incluiu no seu plano estratégico, entre outras medidas, a implantação de um sistema de fornecimento de energia OPS.

Quanto às iniciativas relacionadas à cadeia de valor do hidrogênio de baixo carbono e seus derivados, foram avaliadas quatro iniciativas: produção, abastecimento de embarcações, infraestrutura atual para exportação e importação e a adaptação da infraestrutura para esses fins. De forma geral, nenhuma das instalações possui alguma dessas ações implementada ou em implementação. Na média entre as iniciativas apresentadas, cerca de 59% não as considera aplicáveis ao seu tipo de operação e em torno de 31% as classificou como “N1 – Não implementada”. Por outro lado, considerando que se trata de uma tecnologia nova, já existe um número significativo de atores que incluíram alguma(s) dessas medidas em seu planejamento. No estágio de implementação “N2 – Planejada”, o percentual de respostas foi de 12% para adaptação da infraestrutura, 8% para infraestrutura atual, 6% para abastecimento e 5% para produção. Considerando o estágio “N3 – Acordo ou memorando de entendimento assinado”, esse percentual foi 2% para adaptação da infraestrutura, 0% para infraestrutura atual, 2% para abastecimento e 4% para produção.

É importante evidenciar aqui as instalações portuárias que já estão mais engajadas em iniciativas relacionadas ao hidrogênio de baixo de carbono:

- Cinco (5) instalações já apresentam ao menos uma das iniciativas relacionadas ao hidrogênio de baixo de carbono com acordo / memorando de entendimento assinado: Porto de Suape, Porto de Antonina e Porto de Paranaguá, entre os portos públicos; Terminal Portuário do Pecém e Porto do Açú, entre os terminais.
- Quatorze (14) instalações ainda não possuem acordo assinado, mas já incluíram esse tipo de iniciativa em seu planejamento estratégico.
 - Terminais (TUPs, TAs e ETCs): Terminal Marítimo Ponta da Madeira, Hidrovias do Brasil - Vila do Conde S. A. (ETC Tapajós - HBSA), Hidrovias do Brasil - Vila do Conde (TUP) e Terminal de Petróleo TPET/ TOil – Açú.
 - Portos públicos: Porto de Pelotas, Porto de Porto Alegre, Porto de Santos, Porto de Aratu, Porto de Ilhéus, Porto de Salvador, Porto de Angra dos Reis, Porto de Itaguaí, Porto de Niterói, Porto do Rio de Janeiro.

Outras medidas avaliadas são os incentivos econômico-financeiros e a substituição de equipamentos operacionais utilizados na área portuária, por modelos elétricos e/ou movidos a biocombustíveis ou hidrogênio e derivados. No primeiro caso, a pontuação em índices de eficiência energética e intensidade de carbono, como o *Environmental Ship Index* (ESI)², é utilizada como critério para o oferecimento de descontos nas taxas portuárias. Com relação aos equipamentos operacionais, 5% das instalações já implementaram medidas de eletrificação, 4% estão em processo de implementação e outros 3% em fase de projeto piloto.

² O *Environmental Ship Index* (ESI) é um índice de desempenho ambiental que classifica as embarcações em relação aos padrões de emissões de GEE definidos pela IMO, permitindo identificar aquelas que atendem ou superam as regulamentações atuais. A iniciativa é liderada pelo *World Ports Sustainability Program* (WPSP), programa internacional de sustentabilidade vinculado à Associação Internacional de Portos (IAPH) (WPSP, 2024).

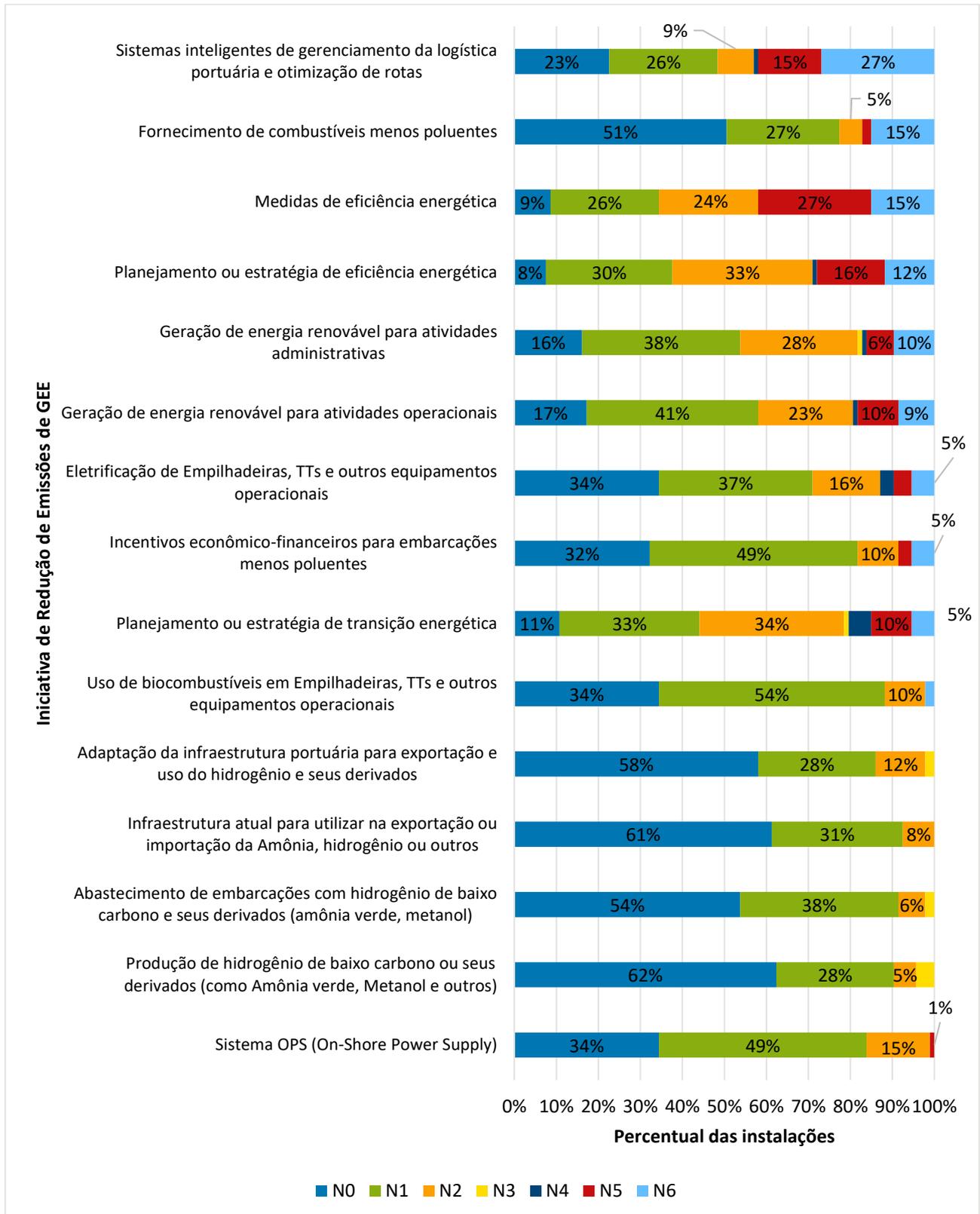


Figura 5. Iniciativas de Redução de Emissões de GEE.

Fonte: Elaboração WayCarbon, GIZ, ANTAQ, MPOR (2023).

Para complementar a avaliação sobre as iniciativas de fornecimento de combustíveis menos poluentes, foi analisado o perfil dos combustíveis mais utilizados pelas embarcações. Pela Figura 6, pode-se verificar que há predominância na utilização de combustíveis fósseis, como o diesel marítimo e o bunker convencional, com uma parcela das instalações adotando o bunker com baixo teor de enxofre. As opções de combustíveis menos emissores, como o biodiesel, GNL e metanol, ainda são pouco utilizadas. Além disso, apenas 11 instalações (1 Porto Público e 10 Terminais) reportaram que possuem registro de atracações de navios que utilizam combustíveis com baixo teor de carbono. Esses resultados reforçam a percepção de um cenário atual de dependência significativa de combustíveis fósseis e uso ainda incipiente de combustíveis alternativos, o que torna ainda mais desafiadora a transição para combustíveis menos emissores.

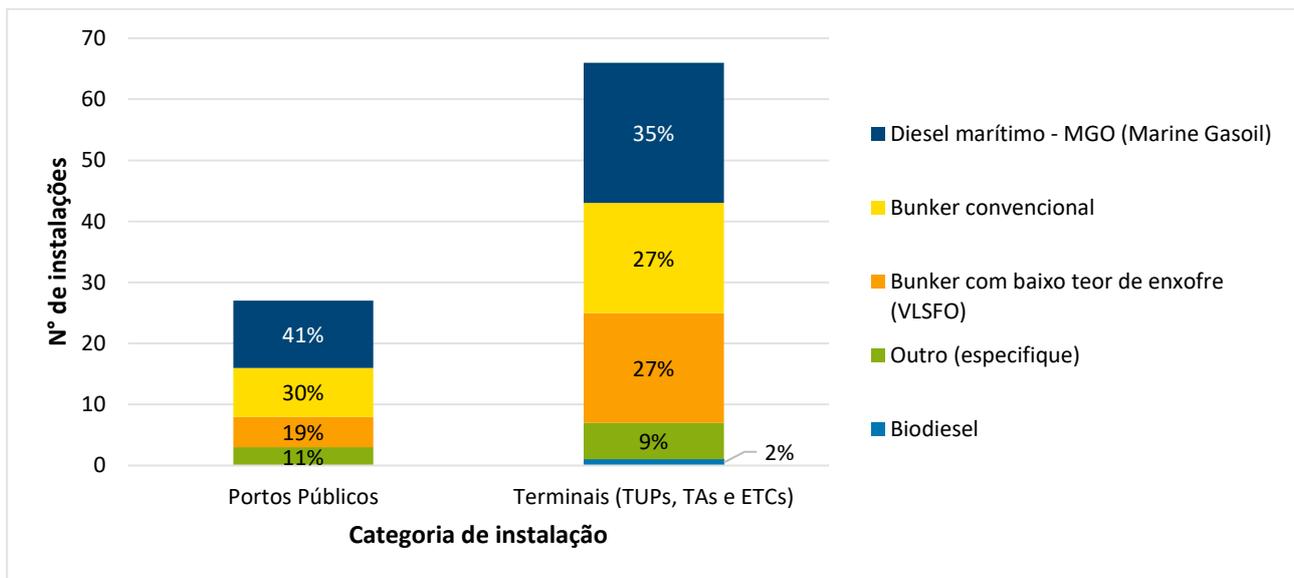


Figura 6. Combustível atualmente mais usado pelas embarcações.

Fonte: Elaboração WayCarbon, GIZ, ANTAQ, MPOR (2023).

4.4 Desafios da Transição para uma Economia de Baixo Carbono

Todas as medidas apresentadas na seção anterior envolvem sérios desafios de implementação, de caráter tecnológico, mercadológico, regulatório, financeiro, entre outros. Foi traçado um panorama dos desafios considerados pelos respondentes como mais relevantes para cada uma das iniciativas apresentadas. Os desafios de caráter financeiro predominam na grande maioria das ações, enquanto os desafios tecnológicos se destacam mais nas medidas ligadas à produção e exportação de hidrogênio de baixo carbono e seus derivados, nos sistemas OPS (*On-Shore Power Supply*), medidas de eficiência energética e eletrificação. O caráter mercadológico aparece como o mais relevante nas ações de fornecimento de combustíveis menos poluentes, e tem uma participação significativa nas ações de sistemas inteligentes de gestão portuária, planejamento da transição energética e nas ações ligadas ao hidrogênio de baixo carbono. O desafio menos citado pelos respondentes como o mais relevante foi o regulatório. Nos comentários enviados junto ao formulário e nas reuniões consultivas, foi possível coletar algumas percepções dos atores sobre esses desafios, que são detalhadas nos parágrafos seguintes.

Apesar de o aspecto regulatório não ter aparecido como um dos mais relevantes no levantamento quantitativo realizado, um dos temas citados por vários respondentes foi a carência de regulamentação e incentivos para a sustentabilidade no setor portuário. A ausência de incentivos fiscais, políticas regulatórias claras e tecnologias para aquisição de equipamentos e insumos destinados à produção de energia limpa representa um desafio significativo. Muitas ações relacionadas à descarbonização enfrentam obstáculos devido à complexidade e burocracia das políticas regulatórias, o que pode resultar em longos períodos de espera para a obtenção de licenças e autorizações.

Para promover a descarbonização das operações portuárias, é essencial que os órgãos reguladores do setor se envolvam em parceria com outros Ministérios, incentivando investimentos e obras nessa direção. A criação de iniciativas, como uma linha do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) voltada para a descarbonização de portos, poderia ser uma solução relevante. Além disso, a União pode desempenhar um papel crucial ao exigir que as operações portuárias adotem equipamentos de baixa emissão de carbono. Para impulsionar esses esforços, a implementação de políticas públicas, como incentivos econômicos e tributários, se faz necessária, particularmente no que se refere à aquisição de novos equipamentos e à transição para fontes de energia mais limpas. No entanto, para que essas medidas sejam eficazes, é fundamental ter uma clareza maior da demanda de mercado das tendências regulatórias, a fim de direcionar adequadamente os investimentos no sentido da descarbonização.

Uma iniciativa considerada importante pelos participantes do diagnóstico é o Projeto de Lei 2308/23, aprovado recentemente na Câmara dos Deputados, alterando a Lei do Petróleo (Lei nº 9.478/1997) para incluir oficialmente o hidrogênio verde e o hidrogênio combustível na matriz energética nacional e definir critérios legais para sua classificação. O projeto ainda seguirá para o Senado e pode sofrer alterações. Enquanto isso, o Programa Nacional do Hidrogênio (PNH2), instituído pela Resolução nº 6/2022 do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) publicou em agosto de 2023 o seu Plano Trienal 2023-2025, que coloca como estratégia de curto prazo (até 2025) a disseminação de plantas piloto de hidrogênio de baixo carbono em todas as regiões do país. No médio prazo (até 2030), o objetivo é consolidar o Brasil como o mais competitivo produtor no mundo e, no longo prazo (até 2035), consolidar hubs de hidrogênio de baixo carbono no país. Com relação aos desafios associados à tecnologia, outra iniciativa citada nas reuniões consultivas como um caminho promissor é o estabelecimento e fomento de parques tecnológicos voltados à inovação e empreendedorismo. Dois exemplos são o Porto do Futuro, localizado em frente ao Terminal Hidroviário de Belém, e o Porto Digital, localizado próximo ao Porto de Recife.

Especificamente sobre o sistema OPS, afirmou-se que, enquanto não houver uma regulação nacional sobre o tema, com imposição de uso, dificilmente ocorrerá uma mobilização suficiente para realizar as adaptações necessárias nos navios de forma a passarem a utilizar energia de terra enquanto atracados. É fundamental a existência de financiamentos facilitados para provimento da infraestrutura necessária nos portos/terminais, cujos projetos não são viáveis financeiramente caso a amortização do investimento precise ser revertida em aumento da tarifa, afinal a prioridade dos armadores é o custo da energia fornecida. Na mesma linha, outro comentário afirma que, como o sistema é caro, não interessa aos armadores, e só ocorrerá por força de regulação.

Quanto às medidas de substituição de equipamentos operacionais, é aguardado ainda o avanço de tecnologias ou mesmo a disponibilidade no mercado de combustíveis sintéticos a preços competitivos. O tempo de carregamento de equipamentos eletrificados por baterias ainda é um desafio, pois a tecnologia atual ainda não é robusta o suficiente do ponto de vista de potência e duração das cargas. Outra questão reside no espaço importante que a estrutura de armazenamento e recarga dos equipamentos irá ocupar nos terminais, que já estão com o limite de ocupação se esgotando. Esses fatores dificultam a eletrificação, dando espaço à possibilidade dos combustíveis sintéticos.

A transição para fontes de energia mais limpas e sustentáveis nos portos é uma tarefa complexa que requer estudos aprofundados para determinar as vocações específicas de cada porto ou região do país. Essa análise deve considerar fatores como os tipos de cargas movimentadas, os tipos de navios operantes e as demandas do mercado. A discussão sobre a viabilidade de soluções energéticas específicas para cada localidade é essencial para garantir uma transição eficaz. Essa abordagem ajudará a direcionar investimentos estratégicos, seja em hidrogênio, amônia ou outras alternativas energéticas.

É importante destacar que a tecnologia necessária para essa transição ainda é cara e, em muitos casos, inacessível. O custo de implementação é uma barreira significativa e a transição implica investimentos substanciais em infraestrutura e tecnologia, o que pode ser complicado devido às estruturas existentes nos portos. A incerteza em relação às novas legislações e regulamentações sobre energia torna imperativa a cooperação entre todas as partes interessadas, que tem potencial de reduzir o tempo, o esforço e, em muitos casos, os custos envolvidos na transição para fontes de energia mais sustentáveis nos portos.

Adicionalmente, foram levantados alguns desafios para avançar na construção de uma estratégia de descarbonização:

- Instalações portuárias
 - Gestão interna das instalações portuárias, como a falta de autonomia do setor de meio ambiente e a pouca interação com o setor de engenharia.
 - Dificuldade para contratação de uma consultoria especializada que fosse capaz de propor um plano de descarbonização aderente à realidade portuária.
- Autoridades portuárias
 - Dificuldade em influenciar os operadores e terminais portuários privados a implementar medidas de transição energética e descarbonização.
 - Deficiência nas infraestruturas, que muitas vezes precisam de melhorias para receber embarcações maiores e mais modernas (menos poluentes), abrindo a oportunidade de negócios.
 - Dificuldades regulatórias e a falta de investimento financeiro.

4.4.1 Perspectivas Futuras do Setor e parceiros-chave

Uma das perguntas do formulário questionava sobre a existência de demanda anunciada das embarcações para fornecimento do combustível renovável, sobretudo hidrogênio e derivados. Apenas cinco (5) atores (Porto do Açu, Porto do Itaquí, Terminais de Tubarão e Praia Mole, e Cattalini Terminais Marítimos) responderam que acreditam haver essa demanda anunciada, citando a amônia, o biocombustível, HVO e etanol. Também foram citados outros combustíveis não renováveis, mas de emissão reduzida em relação aos que são mais usados atualmente, sendo eles o GNL e o VLSFO misturado com biocomponentes.

Embarcações do futuro terão que migrar para combustíveis de baixo carbono, para atingimento de metas da IMO. Como exemplo no cenário internacional, a Maersk encomendou o primeiro navio porta-contêiner movido a metanol e que entrará em operação no início de 2024. Além disso, a empresa possui encomenda de mais 24 navios movidos a metanol para serem entregues entre 2024 e 2027 (EPBR, 2013). Apesar de ainda não receber demanda de embarcações para o serviço, percebe-se que existe a compreensão de parte das instalações quanto à importância da preparação de infraestrutura necessária. Os armadores que trabalham no Brasil estão entendendo quais rumos o mercado está tomando e não seria viável custear instalações sem ter uma contrapartida, ou ainda, a regulação do mercado local ou nacional que exija o avanço dessas tecnologias. Por outro lado, um dos atores respondeu que uma pesquisa informal realizada indicou não haver sequer interesse no assunto por parte dos navios.

Também foi realizado um levantamento sobre como cada instalação portuária entende sua vocação em relação à cadeia de valor do hidrogênio de baixo carbono, apresentado na Figura 7. Chama atenção a grande parcela de respondente que afirmou ainda não enxergar potencial nesse mercado ou desconhecer as suas possibilidades de aplicação. No caso dos terminais, essa proporção é de 82%, contra 37% no caso dos portos públicos. O restante dos terminais se divide entre 8% que enxergam oportunidades na criação de um hub de hidrogênio verde, outros 8% no abastecimento de embarcações e apenas 3% na exportação, sendo que nenhum destacou a possibilidade de produção. Por outro lado, entre os portos públicos, chama a atenção a significativa parcela de 26% que consideram que sua vocação está ligada à produção de hidrogênio verde, seguida pela criação de um hub, com 19%, a exportação, com 11%, e o abastecimento, com 7%. A Tabela 4 apresenta algumas iniciativas de destaque dos portos públicos e terminais na cadeia de valor do hidrogênio de baixo carbono, levantadas a partir das respostas ao formulário e complementadas com informações disponíveis publicamente.

Uma hipótese para essa diferença de panorama nas respostas de portos públicos e terminal é o próprio perfil dos grupos de atores que compuseram a amostra da pesquisa. Apesar das diferenças na movimentação de carga, a categoria Portos Públicos abrange uma amostra mais homogênea de atores, que são as autoridades portuárias responsáveis pelo gerenciamento desses portos. Enquanto isso, a categoria Terminais abrange uma grande quantidade de Terminais de Uso Privado (TUPs), Terminais Arrendados e Estações de Transbordo de Carga (ETCs), que possuem características muito diversas com relação ao porte,

tipo de operação, de serviços prestados, aumentando a possibilidade de incluírem atores para os quais as oportunidades relacionadas ao hidrogênio não apresentam um potencial tão significativo.

Um fator estratégico para o sucesso de iniciativas de hidrogênio de baixo carbono nas instalações portuárias é a presença de indústria em sua área, que poderiam consumir parte do hidrogênio e seus derivados produzidos, como fonte de energia ou matéria-prima para produção de produtos de baixa emissão, como o aço verde. 59% das instalações respondentes possui ao menos uma indústria em sua área de operação, com destaque para os setores de grãos líquidos e gasosos (20%), petroquímico (12%), naval e offshore (11%), alimentos e bebidas (11%), geração de energia (10%), siderurgia (9%) e metalurgia (9%). Os setores industriais de refinaria, fertilizantes e aço, por exemplo, já consomem grandes quantidades de hidrogênio produzido a partir de combustíveis fósseis e as instalações portuárias poderiam se beneficiar da proximidade de indústrias como essas.

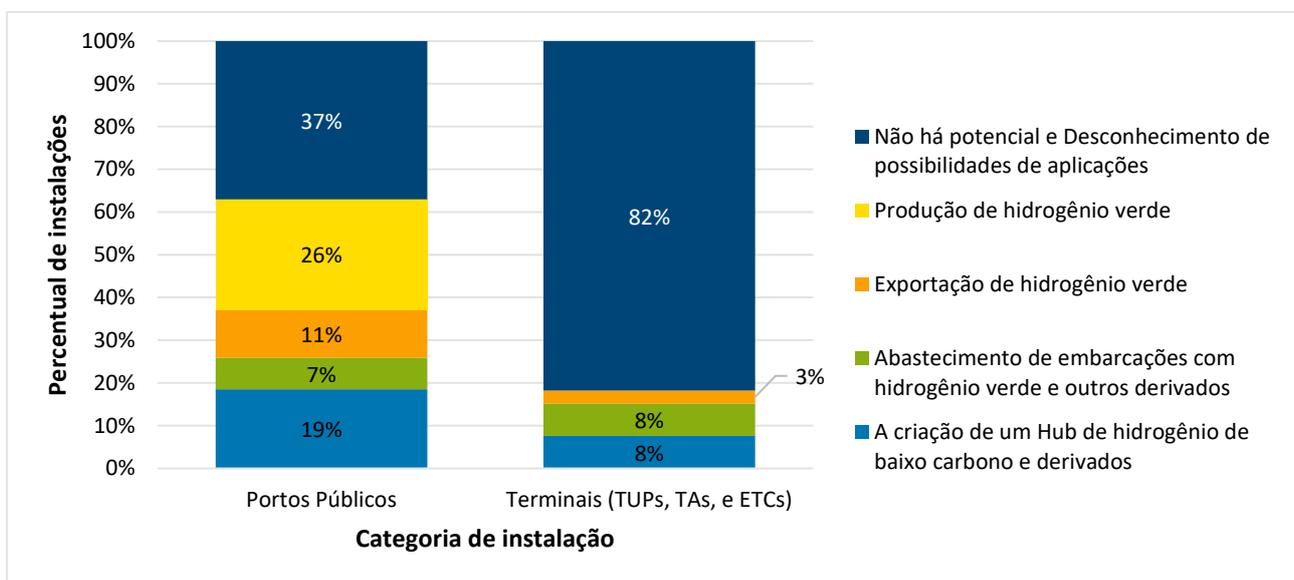


Figura 7. Vocação da instalação portuária em relação à cadeia de valor do hidrogênio de baixo carbono.
Fonte: Elaboração WayCarbon, GIZ, ANTAQ, MPOR (2023).

Tabela 4. Iniciativas de destaque dos portos públicos e terminais na cadeia de valor do hidrogênio de baixo carbono.

Instalação Portuária	Iniciativas na cadeia de valor do hidrogênio de baixo carbono
Complexo Industrial e Portuário do Pecém	Lançado em 2021, o Hub de Hidrogênio Verde do Complexo do Pecém é resultado de entre o Governo do Estado do Ceará, a Federação das Indústrias do estado do Ceará (FIEC) e a Universidade Federal do Ceará (UFC), com o objetivo de transformar o estado em um grande fornecedor global desse combustível. Desde então, foram assinados cerca de 30 memorandos de entendimento com várias empresas com interesse em se instalar na área para produzir e exportar o hidrogênio verde. Três das parcerias, com a AES, a Casa dos Ventos e a Fortescue evoluíram para pré-contratos de implantação, com a intenção de construir uma estrutura dentro do porto para o transporte e embarque do combustível. Em maio de 2023, foram assinados os acordos para a criação do Corredor de Hidrogênio Verde entre o Porto do Pecém e o Porto de Roterdã, e da <i>Green Ports Partnership</i> , entre o Ceará e os Países Baixos. Em setembro de 2023, foi aprovada a licença ambiental para implantação do Hub.
Porto do Açu	Está em processo de licenciamento ambiental a implantação de um hub de hidrogênio verde de 100 ha na área do Porto do Açu. Nos últimos anos, a instalação portuária vem buscando parceiros para investir em plantas de produção hidrogênio verde, energia solar fotovoltaica, eólica offshore, biomassa, biogás e indústrias que fazem parte dessa cadeia de valor. O Porto do Açu já firmou parcerias para instalar plantas de hidrogênio com a Shell Brasil, a Linde, Comerc,

Instalação Portuária	Iniciativas na cadeia de valor do hidrogênio de baixo carbono
	Casa dos Ventos, Comerc e Neoenergia. Para produção de energia eólica offshore, os parceiros até o momento são a EDF Renewables, a TotalEnergies, a SPIC e a Neoenergia. Além disso, foram estabelecidas parcerias com a ZEG Biogás e Geo Biogas & Tech para instalação de plantas de biogás.
Complexo Industrial Portuário de Suape	Em 2022, foi lançada a proposta do TechHub Hidrogênio Verde, com o objetivo de transformar o Complexo Industrial Portuário de Suape em um espaço de pesquisa, desenvolvimento e inovação com foco no combustível do futuro. Resultado de uma parceria entre CTG Brasil, o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) e o governo do Estado de Pernambuco, a iniciativa visa concentrar em Suape a implementação de projetos inovadores focados na produção, transporte, armazenamento e gestão de hidrogênio verde (H2V), com uma previsão de investimentos iniciais de até R\$ 45 milhões. Em 2023, o TechHub foi um dos selecionados pela chamada bilateral Brasil-Alemanha para desenvolver tecnologias destinadas à produção de hidrogênio verde (H2V), com um montante total de financiamento será de R\$ 21 milhões.
Portos de Paranaguá e Antonina	A autoridade portuária Portos do Paraná, que administra os Portos de Paranaguá e Antonina, assinou em 2023 um memorando de entendimento com o Porto de Rotterdam para promover iniciativas sustentáveis, como parte do programa de <i>colaboração Green Ports Partnership</i> . Com duração de três anos, o acordo envolve uma parceria para estabelecer o desenvolvimento de energias renováveis nos portos de Paranaguá e Antonina, com foco em energia eólica e hidrogênio verde. Além disso, o governo do Estado do Paraná sancionou a Política Estadual do Hidrogênio Renovável e criação do Programa de Energia Verde, que inclui o estabelecimento de incentivos econômicos para o setor.

Fonte: Complexo do Pecém (2023), Porto do Açú (2023), Portal da Indústria (2022), Suape (2023) e Governo do Estado do Paraná (2023).

Outra pergunta do formulário diz respeito à existência de acordos de cooperação local e internacional, MoU (Memorando de Entendimento) ou *letter of intent* (carta de intenção) com outros portos e empresas para iniciativas e projetos de hidrogênio de baixo carbono e seus derivados, sendo que apenas sete atores que responderam sim. A partir dos comentários enviados e das reuniões consultivas, foi possível compilar alguns atores-chave para o processo de descarbonização, apresentados na Tabela 5. Cabe destacar que se trata de uma lista não exaustiva, que inclui apenas os atores citados pelos participantes do diagnóstico ao longo do estudo.

Tabela 5. Atores-chave para a descarbonização identificados pelos participantes do diagnóstico.

Tipo de stakeholder	Atores-chave
Atores internacionais cooperações/coalisões	Plataforma de Ação pelo Clima e GT Negócios Oceânicos do Pacto Global da ONU, Porto de Rotterdam, Porto de Aveiro, programa de colaboração <i>Green Ports Partnership</i> , <i>Clean Energy Marine Hubs</i> , <i>CEM-Hubs Getting to Zero Coalition – LATAM Task Force</i>
Fóruns e redes	CEBDS -Câmara Temática CT Clima, FIRJAN - GT Clima e ATP – Sustentar, Cubo Itaú
Entidades e associações setoriais	Senai, Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), Centro Internacional de Energias Renováveis (CIBiogás), Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (IBP), Associação de Terminais Portuários Privados (ATP) e outras associações do setor portuário
Empresas de energia	Galp, Casa dos Ventos, Neoenergia, Qair, Biocarbono, Casa dos Ventos, EDF Renewables, Lorinvest, Shell, Total Energies, Universal Kraft, Linde/White Martins, SPIC, Ocean Winds e GeoTech
Atores estatais	ANTAQ, MPOR, ANP, MCTi, MMA, Ministério da Fazenda, governos estaduais (foram citados Ceará, Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro, que já possuem algum tipo de política ou iniciativa para o hidrogênio verde), concessionárias de energia (foi citada a Copel), empresas de saneamento (foi citada a Sanepar), universidades (foi citada a Universidade Federal do Maranhão)

Fonte: Elaboração WayCarbon, GIZ, ANTAQ, MPOR (2023).

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Como tratado nos resultados, a elaboração do Inventário de Emissões de GEE é um passo crucial na jornada de descarbonização dos portos. A compreensão das fontes de emissão e dos fatores que afetam a intensidade de carbono nas operações portuárias é fundamental para a formulação e implementação eficaz de medidas de redução de emissões de GEE. Embora haja diferenças marcantes entre portos públicos e terminais em relação à realização de inventários, de forma geral nota-se uma lacuna significativa nesse sentido, por conta de fatores como falta de capacitação, equipe insuficiente e o financiamento limitado. A elaboração do inventário de emissões é uma grande oportunidade para viabilizar a identificação e avaliação de projetos de redução de emissões de GEE, assim como definir as metas de descarbonização.

A descarbonização das instalações portuárias é uma necessidade premente que exige uma abordagem integrada, envolvendo combinação de diversos tipos de ações para atingir uma redução significativa das emissões, que devem ser avaliadas e selecionadas de acordo com a realidade local de cada instalação portuária. Os resultados do levantamento mostram que algumas iniciativas já demonstram um avanço maior, especialmente em áreas como sistemas inteligentes de gerenciamento logístico, fornecimento de combustíveis limpos, medidas de eficiência energética e geração de energia renovável. Medidas que incentivam a eficiência energética por meio de descontos nas taxas portuárias e a substituição de equipamentos operacionais por modelos mais limpos demonstram um avanço positivo, embora ainda em estágios iniciais. Por outro lado, medidas com alto potencial de redução de emissões, como o Sistema OPS, encontram maiores dificuldades de implementação.

A descarbonização das instalações portuárias enfrenta uma série de desafios, que variam desde barreiras tecnológicas e financeiras até complexidades regulatórias e mercadológicas. Verificou-se a prevalência dos desafios financeiros como mais relevantes em muitas iniciativas, indicando que a disponibilidade de recursos para a sua implementação é uma preocupação central. Além disso, a falta de regulamentação e incentivos claros para a sustentabilidade no setor portuário representa um obstáculo importante que requer ação por parte dos órgãos reguladores e do governo. Também foram relatados pelos participantes do diagnóstico desafios internos às organizações, como a falta de autonomia do setor de meio ambiente e pouca interação dele com outras áreas. Diante desse cenário, a promoção de políticas públicas e incentivos financeiros têm o potencial de viabilizar e acelerar a transição para operações portuárias mais sustentáveis.

Para atingir as metas de redução de emissões de GEE da IMO para 2050, serão necessárias mudanças profundas na tecnologia e nos combustíveis usados pelas embarcações. Uma das soluções mais promissoras a longo prazo é a utilização do hidrogênio de baixo carbono e de seus derivados, como a amônia e o metanol, em substituição aos combustíveis fósseis. Isso exigirá adaptações da infraestrutura de produção, armazenamento e distribuição, e as instalações portuárias têm o potencial de liderar esse movimento. A maior parte (60%) dos respondentes do diagnóstico não enxerga potencial ou desconhece as aplicações do hidrogênio de baixo carbono. Por outro lado, já existe uma compreensão por parte de 40% dos respondentes com relação ao potencial desse mercado, sendo que cerca de 7,5% enxergam uma vocação para a produção de hidrogênio, 5,4% para exportação e 7,5% para abastecimento de embarcações. Quase 11% de instalações que percebem como vocação a criação de um hub de hidrogênio de baixo carbono e derivados, o que já está sendo planejado ou implementado em alguns portos brasileiros, com destaque para o Complexo do Pecém, o Porto do Açu, o Complexo de SUAPE e os Portos de Paranaguá e Antonina. O Brasil reúne boas condições para ser protagonista no mercado de hidrogênio de baixo carbono e seus derivados, em especial devido à capacidade instalada e potencial de geração de energia limpa, e à perspectiva de conseguir produzir combustível de baixa emissão a custos competitivos no futuro.

A cooperação entre as partes interessadas, a promoção de políticas públicas eficazes e o investimento em tecnologias acessíveis são elementos-chave para superar esses desafios. A jornada em direção à descarbonização deve continuar com uma abordagem colaborativa e estratégica, visando a um futuro mais sustentável para as instalações portuárias. Com base nos resultados do diagnóstico realizado, foram elaboradas recomendações para as instalações portuárias, estruturadas a partir dos passos necessários para atingir maior maturidade em relação ao processo de descarbonização. Além disso, foram propostos os próximos passos para uma atuação setorial, que traçam possíveis caminhos para uma ação conjunta dos atores para

potencializar a descarbonização do setor de forma ampla. As recomendações e próximos passos são apresentados a seguir, em formato resumido, e estão detalhados nos documentos Guia de Recomendações e Relatório Final.

Recomendações para as instalações portuárias

1. Elaborar o Inventário de Emissões de GEE das instalações portuárias;
2. Avaliação robusta do Escopo 3 dos Inventários de Emissões de GEE existentes;
3. Auditoria e publicação de reportes para maior confiabilidade e transparência dos inventários de emissões de GEE;
4. Mapeamento de oportunidades de redução de emissões de GEE (incluindo ações de eficiência energética e operacional, fornecimento de energia e combustíveis menos poluentes e atuação na cadeia de valor do hidrogênio de baixo carbono e seus derivados);
5. Elaboração da análise de custo-benefício das medidas de redução de emissões; e
6. Estabelecimento de meta SBTi³ (baseada na ciência).

Próximos passos para uma atuação setorial

1. Programa de conscientização para a elaboração de inventários e estratégias de descarbonização;
2. Estruturação de fórum nacional de discussão que articule as diversas redes que tratam da descarbonização;
3. Elaboração de Inventário Setorial de Emissões de GEE;
4. Desenvolvimento de trajetória de emissões setoriais com levantamento de projetos e construção da análise de custo-benefício;
5. Incorporação de mais questões sobre descarbonização no formulário do IDA;
6. Definição de mecanismos indutores para a implantação de Sistema OPS; e
7. Regulamentação que promova a utilização de combustíveis alternativos em embarcações, em articulação com o Ministério de Minas e Energia.

³ O Padrão SBTi (*Science Based Targets Initiative*) parte da necessidade de estabelecer um entendimento comum do que são metas de emissões líquidas zero, com base na ciência climática mais recente e atualizada, fornecendo orientações, fundamentos, critérios e recomendações para a sua definição (SBTi, 2022).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTAQ. **Impactos e riscos da mudança do clima nos portos públicos costeiros brasileiros**. 2021. Disponível em: https://www.gov.br/antag/pt-br/noticias/2021/copy_of_SumrioANTAGIZMudancaClimatica.pdf. Acesso em: 09/08/2023.

ANTAQ. **Estatístico Aquaviário 2.1.4.**, 2023. Disponível em: <http://ea.antag.gov.br/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=painel%5Cantaq%20-%20anu%C3%A1rio%202014%20-%20v0.9.3.qvw&lang=pt-BR&host=QVS%40graneleiro&anonymous=true>. Acesso em: 09/08/2023.

ANTAQ. **Índice de Desempenho Ambiental (IDA)**, 2023. Disponível em: <http://resultadosida.antag.gov.br/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=Painel%2FANTAQ%20-%20Anu%C3%A1rio%202014%20-%20v0.9.3.qvw&host=QVS%40graneleiro&anonymous=true&sheet=Principal>. Acesso em: 09/08/2023.

COMPLEXO DO PECÉM. **Hub de Hidrogênio Verde do Complexo do Pecém**. 2023. Disponível em: <https://www.complexodopecem.com.br/hubh2v/>. Acesso em: 29 nov. 2023.

EPA. **EPA Ports Initiative**. 2017. Overviews and Factsheets. Disponível em: <https://www.epa.gov/ports-initiative/about-epa-ports-initiative>. Acesso em: 22 nov. 2023.

EPBR. **Maersk adapta navio porta-contêineres para navegar com metanol verde**. 2023. Disponível em: <https://epbr.com.br/maersk-adapta-navio-porta-conteineres-para-navegar-com-metanol-verde/> Acesso em: 19 dez. 2023.

EPBR. **O futuro multcombustível do transporte marítimo** 2023. Disponível em: <https://epbr.com.br/o-futuro-multcombustivel-do-transporte-maritimo/> Acesso em: 19 dez. 2023.

EPBR. **Primeiro navio a metanol verde do mundo será abastecido pela Equinor**. 2023. Disponível em: <https://epbr.com.br/equinor-vai-abastecer-primeiro-navio-a-metanol-verde-do-mundo/> Acesso em: 19 dez. 2023.

ESPO. **ESPO Green Guide 2021, a Manual for European Ports Towards a Green Future**. 2021. Disponível em: <https://www.espo.be/publications/espo-green-guide-2021-a-manual-for-european-ports->. Acesso em: 22 nov. 2023.

GIZ. **Cooperation Management for Practitioners: Managing Social Change with Capacity Works**. Eschborn, Germany: GIZ GmbH, 2015. Disponível em: <https://www.giz.de/expertise/html/60619.html>. Acesso em: 09/08/2023.

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. **Portos do Paraná e Porto de Rotterdam firmam parceria para promover sustentabilidade**. 2023. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Portos-do-Parana-e-Porto-de-Rotterdam-firmam-parceria-para-promover-sustentabilidade>. Acesso em: 29 nov. 2023.

ICCT. **Brazilian coastal shipping: New prospects for growth with decarbonization**. 2022. Disponível em: <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/07/brazilmarinebrazil-coastal-shipping-new-prospects-growth-decarbonization-jul22.pdf>. Acesso em: 09/08/2023.

IMO. **MEPC 75-18-Add 1**. Amendments to the annex of the protocol of 1997 to amend the international convention for the prevention of pollution from ships, 1973, as modified by the protocol of 1978 relating thereto. 2020. Disponível em: <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Air%20pollution/MEPC.324%2875%29.pdf>. Acesso em: 03/08/2023.

IMO. **MEPC.377. 2023** IMO Strategy on reduction of GHG emissions from shipping. 2023. Disponível em: <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/MediaCentre/PressBriefings/Documents/Clean%20version%20of%20Annex%201.pdf>. Acesso em: 03/08/2023.

MCTI. **Inventários Organizacionais**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/emissoes/inventarios-organizacionais>. Acesso em: 28 nov. 2023.

MCTI. **Opções de Mitigação de Emissões de GEE em Setores-Chave**. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/cgcl/arquivos/opcoes-de-mitigacao-de-emissoes-de-gee-em-setores-chave>. Acesso em: 22 nov. 2023.

MME. **Plano Nacional do Hidrogênio – PNH2**. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/programa-nacional-do-hidrogenio-1> Acesso em: 22 nov. 2023.

MME e EPE. **Ministério de Minas e Energia - MME**. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia e Empresa de Pesquisa Energética, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/PlanodeTrabalhoTrienalPNH2.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2023.

SUAPE. **Complexo de Suape terá suporte internacional para desenvolver hidrogênio verde**. 2023. Disponível em: <https://www.suape.pe.gov.br/pt/noticias/1762-complexo-de-suape-tera-suporte-internacional-para-desenvolver-hidrogenio-verde?highlight=WyJoaWRyb2dcdTAWZWfuaW8iXQ==>. Acesso em: 29 nov. 2023.

PACTO GLOBAL. **Pacto Global da ONU no Brasil lança GT de Negócios Oceânicos para impulsionar a descarbonização de portos e transportes marítimos**. 2023. Disponível em: <https://www.pactoglobal.org.br/noticia/676/pacto-global-da-onu-no-brasil-lanca-gt-de-negocios-oceanicos-para-impulsionar-a-descarbonizacao-de-portos-e-transportes-maritimos>. Acesso em: 22 nov. 2023.

PORTAL DA INDÚSTRIA. **TechHub de Hidrogênio Verde é lançado com investimento inicial de R\$ 45 mi**. 2022. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/inovacao-e-tecnologia/techhub-de-hidrogenio-verde-e-lancado-com-investimento-inicial-de-r-45-mi/>. Acesso em: 29 nov. 2023.

PORTO DO AÇU. **Projetos Renováveis**. 2023. Disponível em: <https://portodoacu.com.br/projetos-renovaveis/>. Acesso em: 29 nov. 2023.

SBTi. **Getting started guide for the SBTi net-zero standard**. 2022. Disponível em: <https://sciencebasedtargets.org/resources/files/Getting-Started-Guide.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2023.

SBTi. **Science Based Target Setting for the Maritime Transport Sector**. Disponível em: <https://sciencebasedtargets.org/resources/files/SBTi-Maritime-Guidance.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2023.

UNCTAD. **Review of Maritime Transport 2021**. [S. l.: s. n.]. (Review of Maritime Transport). *E-book*. Disponível em: https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2021_en_0.pdf. Acesso em: 29 nov. 2023.

UNCTAD. **Review of Maritime Transport 2023 | UNCTAD**. 2023. Disponível em: <https://unctad.org/publication/review-maritime-transport-2023>. Acesso em: 22 nov. 2023.

WPSP. **ESI Portal**. 2024. Disponível em: <https://www.environmentalshipindex.org/>. Acesso em: 8 mar. 2024.

WRI. **The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard - REVISED EDITION**. Washington, D.C: WRI, 2015. Disponível em: <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>. Acesso em: 20 out. 2023.

